



JP3196206

Article

Page 1

Drawing

esp@cenet

HEAT TREATMENT EQUIPMENT

Patent Number: JP3196206
Publication date: 1991-08-27
Inventor(s): MATSUMURA KIMIHARU others: 01
Applicant(s): TOKYO ELECTRON LTD; others: 01
Requested Patent: ☐ JP3196206
Application Number: JP19890335774 19891225
Priority Number (s):
IPC Classification: G05D23/19; G03F7/26; G05D23/00; H01L21/027; H01L21/205; H01L21/31; H01L21/324; H05B3/00
EC Classification:
Equivalents: JP2759116B2

Abstract

PURPOSE: To quickly heighten or lower the temperature by detecting the heat flux given from a heating means piercing through a substance to be treated via a heat flow sensor and estimating and controlling the temperature based on the heat flux.

CONSTITUTION: A temperature sensor 6 is provided at a point near the placing surface of a heating plate 1 for a wafer 3, and the output of the sensor 6 is supplied to a temperature control circuit 10 via a thermometer 7. At the same time, a heat flow sensor 8 is provided at a point near the surface of the wafer 3. The output of the sensor 8 is supplied to a heat flow meter 9 for acquisition of a heat flux. This heat flux is supplied to the circuit 10 and the temperature change of the wafer 3 is estimated from the heat flux. The circuit 10 refers to the temperature measurement information given from the sensor 6 only in a temperature setting period and controls a heating resistor 2. Furthermore the circuit 10 obtains an error between a reference temperature and the temperature of the wafer 3 estimated from the heat flux detected by the meter 9 and corrects the error. Thus it is possible to accurately control both temperature rising and dropping periods with high response.

Data supplied from the esp@cenet database- w3p

⑫ 公開特許公報(A)

平3-196206

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)8月27日

G 05 D 23/19
 G 03 F 7/26
 G 05 D 23/00
 H 01 L 21/027
 21/205
 21/31
 21/324
 H 05 B 3/00

3 1 0

J 8835-5H
 7124-2H
 F 8835-5H
 7739-5F
 B 6940-5F
 Z 7738-5F
 C 7719-3K
 2104-5F

H 01 L 21/30

3 6 1 H

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 熱処理装置

⑰ 特 願 平1-335774

⑱ 出 願 平1(1989)12月25日

⑲ 発 明 者 松 村 公 治 熊本県菊池郡菊陽町津久礼2655番地 テル九州株式会社内
 ⑲ 発 明 者 白 川 英 一 熊本県菊池郡菊陽町津久礼2655番地 テル九州株式会社内
 ⑲ 出 願 人 東京エレクトロン株式 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
 会社
 ⑲ 出 願 人 東京エレクトロン九州 熊本県菊池郡菊陽町津久礼2655番地
 株式会社
 ⑲ 代 理 人 弁理士 佐藤 正美

明 細 書

1. 発明の名称

熱処理装置

2. 特許請求の範囲

被処理体を加熱手段により加熱して所定の処理を行なう熱処理装置において、

上記加熱手段から上記被処理体に与えられる熱流束を検出する熱流束検出手段を設け、

この熱流束検出手段の出力に基づいて上記加熱手段を制御するようにしたことを特徴とする熱処理装置。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

この発明は、熱処理装置に関する。

【従来の技術】

例えば半導体集積回路の製造工程中には、例えばフォトリソグラフィ工程におけるベーキング処理、成膜処理、アッシング処理等、種々の熱処理工程がある。

従来、この熱処理例えばベーキング処理は、例

えば枚葉式の場合には、例えばSUSやアルミニウムからなり、ニクロム線などの発熱抵抗体を内蔵した加熱板上に被処理基板を載置すると共に、例えば加熱板に熱電対や測温抵抗体等の温度センサを埋設し、この温度センサにより温度をモニターすることにより、処理温度をコントロールするようにしている。

【発明が解決しようとする課題】

以上のように、従来の熱処理装置の温度制御方法は、温度をモニターして温度コントロールする方式であるので、制御の遅れが生じ、被処理体を所定温度に立ち上げる時や所定温度まで立ち下げる時、または、外乱等の影響で温度変化の可能性のある状況において、応答性のよい正確な制御が困難であった。

すなわち、ヒーター等の発熱体から発する熱流束(熱流束は単位面積及び単位時間当たりの熱量;単位は(kcal/m²・h))により加熱板延いては被処理基板が加熱されるものであるが、一般に温度は熱流束の時間及び座標についての積分

値であり(下記の熱拡散方程式の式(1)及びフーリエの法則の式(2))、熱流束が定まった後、その結果として加熱板及び被処理体の温度が定まり、熱流束と温度との間には一定の相関がある(下記の熱拡散方程式の式(3))。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{\rho C p} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad \dots (1)$$

$$q = k \frac{\partial T}{\partial y} \quad \dots (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho C p} \cdot \frac{\partial q}{\partial y} \quad \dots (3)$$

T ; 温度, q ; 熱流束, t ; 時間, y ; 座標
ρ ; 密度, Cp ; 熱容量, k ; 熱伝導度

このため、現象変化としては、温度よりも熱流束が早く検知され易く、温度をモニターしたのでは制御の遅れが生じることになる。したがって、従来の温度モニター方式による温度制御方式では、外乱等の影響で温度変化の可能性がある状況において、設定温度の状態から外乱による温度変化を予測して、この外乱を抑圧する方向に制御するこ

加熱するというものである。

例えば第2図に示すように、加熱板により被処理基板を予め定められた温度T₁に設定し、この温度T₁を保持した状態で予め定められた設定時間D₁だけ加熱を行なう。

ところで、第2図において、従来は上記のように、設定温度T₁の期間は、その温度を一定にする温度管理は行なっていたが、昇温期間D₁及び冷却期間D₂における温度変化勾配やその期間の長さ等の履歴(温度変化パターン)は全く管理されていなかった。

このように従来は昇温変化パターンや降温変化パターンは、温度管理されていないため、同じ種類の半導体ウェーハ等の被処理基板であっても、これらのパターンが被処理基板毎に区々となり、基板毎にレジストの物性が異なってしまう、信頼性に欠けるという問題があった。

また、最近では、半導体デバイスの高密度化、高デバイス化に伴い、レジストパターンが微細化してきている。このため、従来、ベーキング工程に

とはできなかった。

また、所定温度への立ち上げ時や立ち下げ時の温度履歴をコントロールしようとする場合に、予め定められた温度履歴に沿うように温度を予測して制御することはできなかった。しかも、昇温及び降温中に外乱が生じて熱流束が初期のものと異なったとしても、温度モニター方式では、これに対応できるのは、温度変化となって現れた後で、どうしても制御の遅れは否めない。したがって、従来の温度コントロール方式では、所望の昇温変化パターンや降温変化パターンを精度良く、正確に得るようにすることは困難であった。

また、ベーキング工程は、フォトリジストを塗布した後や、フォトリジスト膜の露光、現像後等に、フォトリジスト中の溶剤を除去するとともに、レジストに耐熱性を付与しつつレジストの物性(感光性や解像度等)をコントロールするために行われる加熱処理で、例えば特開昭61-201426号公報に開示されるように、半導体ウェーハ等を予め設定した所望のベーキング温度で、所定時間、

において無視されていた昇温期間や降温期間の温度変化パターンがフォトリジストの解像度や感光性等の物性に与える影響が無視できなくなっており、これら昇温変化パターンや降温変化パターン等の履歴を所定のものにコントロールして、より良いレジスト物性を得ることが必要になっている。

そこで昇温期間、降温期間においても、温度コントロールを行なうことが考えられるが、前述したように、従来の温度制御方法は、温度をモニターして温度コントロールする方式であるため、特に急激なる温度変化の場合、制御の遅れが生じ、温度を予測して温度履歴を所望のものにするようにすることはできなかった。

この発明は、以上の点に鑑み、温度変化を予測して制御できるようにすることにより、上記の欠点を改善した熱処理装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

この発明は、被処理体を加熱手段により加熱し

て所定の処理を行なう熱処理装置において、

上記加熱手段から上記被処理体に与えられる熱流束を検出する熱流束検出手段を設け、

この熱流束検出手段の出力に基づいて上記加熱手段を制御するようにしたことを特徴とする。

【作用】

前述したように、現象変化としては温度よりも、熱流束が早く対応する。しかも、熱流束と温度とは一定の相関があるから、熱流束をモニターすることにより温度変化を予測することができる（前記の式（3））。このため、外乱のある状況においても、温度を常に安定に制御することができると共に、温度の昇温あるいは降溫特性を所望のものに精度良く管理することが可能になる。

【実施例】

以下、この発明による熱処理装置の一実施例を、フォトリソグラフィ工程のベーキング装置に適用した場合を例にとって、図を参照しながら説明する。

第1図において、熱板1は金属からなり、その

で発熱抵抗体2への電力が遮断されることにより微視的に下降する温度との平均の温度となる。したがって、今、熱板1の昇温特性と降溫特性が等しいと仮定すれば、例えばPWM信号SMの1周期Tにおけるパルス幅Wが $1/2T$ 、つまりデューティ比50%の時は、熱板1の温度は変わらず、PWM信号SMのパルス幅Wが $1/2T$ より広くなれば、熱板1の温度は、パルス幅Wに応じた傾きで上昇し、逆に、PWM信号SMのパルス幅Wが $1/2T$ より狭くなれば、熱板1の温度は、パルス幅Wに応じた傾きで下がる。こうして、PWM信号SMのパルス幅Wを変えることによって、熱板1の温度を自由にコントロールできる。

熱板1のウェーハ3の載置面近傍には、例えば熱電対や測温抵抗体からなる温度センサ6が設けられ、この温度センサ6の出力が温度計7に供給される。そして、この温度計7の検出温度に応じた出力信号が温度制御回路10に供給される。

また、ウェーハ3の表面の近傍に熱流センサ8が設けられ、この熱流センサ8の出力が熱流計9

内部には発熱抵抗体2が埋め込まれている。この熱板1の上には半導体ウェーハ3が載置されており、熱板1によって、後述するように加熱制御される。

熱板1の発熱抵抗体2には、例えば商用交流電源4からスイッチング素子、この例ではSSR（Solid State Relay）5を介して電力が供給される。この場合、SSR5は、後述するようにコンピュータを備える温度制御回路10からのPWM（パルス幅変調）信号SMによってスイッチング制御され、発熱抵抗体2には信号SMのパルス幅に応じた時間分だけ交流電流が流れ、発熱抵抗体2はその供給電力量に応じて発熱する。したがって、PWM信号SMのパルス幅を変えることによって発熱抵抗体2に供給される信号SMの1周期T当たりの電力量を調節し、熱板1の温度を制御することができる。すなわち、この場合、熱板1の温度は、PWM信号SMのパルス幅Wの期間で発熱抵抗体2に電力が供給されることにより微視的に上昇する温度と、パルス幅期間の後の期間

に供給されて、熱流束qが求められ、この熱流束qが温度制御回路10に供給される。この熱流センサ8は、微小なる温度誤差を検出すべく熱伝導率λの十分小さい薄板材料（厚さd）で構成され、この薄板を貫通して流れる熱流束qは、次の式から求めることができる。

$$q = \frac{\lambda}{d} \cdot \Delta T \quad \dots \quad (4)$$

ここで、 ΔT は薄板の表裏両面間の温度差で、λ及びdが既知であるから、この ΔT を例えば熱流センサ8に設けた差動熱電対によって測定することによって熱流計9から熱流束qを求めることができる。温度制御回路10は、この熱流束qからウェーハ3の温度変化を予測する（前出の式（3）で示される原理に基づく）。

なお、熱板1には、半導体ウェーハ3を支持して熱板1から持ち上げる図示しないピンが貫挿されている。さらに半導体ウェーハ3は、図示しない搬送機構により、熱板1上に搬送され、ピンの昇降により、熱板1に対し、ロード、アンロード

されるようになっている。

次に、第1図のように構成された熱処理装置を用いたベーキング処理について説明する。

まず、前述した図示しないピンを熱板1の表面から突き立てる。そして、この突き立ったピン上に搬送して来た半導体ウェーハ3を載置する。次に、ピンを降下させて半導体ウェーハ3を熱板1上に載置して吸着によって保持する。そして、熱板1からの熱伝導によって次のような温度コントロールに従った半導体ウェーハ3の加熱を行なう。

この例の場合、前述したように、温度制御回路10はコンピュータを備えており、キーボードなどのベーキングパターン入力手段11によって、半導体ウェーハ3等の被処理体の種類に応じて適切な熱履歴を呈するようにするための仕様書(レジピ)が入力され、これが記憶されて、このレジピに従った温度コントロールが行われる。

第3図は、このレジピの一例で、常温20℃から60秒間の間に、所定の傾きを持って120℃まで上昇し、その後60秒間はその120℃を保

持し、その後の60秒間に常温20℃まで冷却するという熱履歴で、この熱履歴を再現できるようにするために、例えば第3図のように各点P0～P8を定め、これら各点P0～P8における時間と温度情報を入力することによりレジピを入力する。

温度制御回路10では、点P0～P3までの昇温期間及び点P5～P8までの降温期間においては、隣り合う2点(例えばP1-P0)の情報から、この2点間の温度勾配を求め、この温度勾配となるようなパルス幅WのPWM信号SMを、SSR5に供給する。そして、この際、熱流センサ8によって検出した温度差に比例する出力信号に基づいて、熱流計9において熱板1からの熱流束を検出し、予め求めたこの熱流束とウェーハ温度変化との相関を参照しつつ(後述の式(5))、レジピから演算して求めた温度とこの熱流束から推定されるウェーハ3の温度との誤差を順次補正するように信号SMのパルス幅Wが制御される。

$$\begin{aligned} (\text{ウェーハ温度変化}) &= \frac{\partial T_s}{\partial t} \\ &= \frac{1}{\rho C_p} \left(\frac{\partial q}{\partial y} \right)_s \quad \dots (5) \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial q}{\partial y} \right)_s &= \frac{1}{\rho C_p} \cdot \frac{q - q_s}{L} \\ &= \frac{q}{\rho C_p} \cdot f(L, t, q_s) \end{aligned}$$

T: 温度, t: 時間, q: 熱流束, y: 座標

L: ウェーハと熱流センサ間の距離

ρ : 空気の密度, C_p : 空気の熱容量

; 熱流センサ本体, s: ウェーハ表面

f(L, t): q と q_s 間の一定の関係を表わす関数

なお、この昇温期間P0～P3及び降温期間P5～P8においては、副次的に温度センサ6からの温度情報が参照され、制御温度結果の検証がなされる。

点P3～P5の間の温度整定期間においては、

温度センサ6のみからの温度計測情報を参照して温度制御回路10は、発熱抵抗体2の制御を行なう。これは、熱板1は、比較的熱容量が大きく温度が安定した後は、外乱はほとんど影響しないからである。もっとも、外乱の影響を受ける状態のときには、熱流計9からの熱流束をも参照して発熱抵抗体2を制御するようにしたほうがよい。

なお、この場合の温度コントロール方法としては、例えばPIDコントロール方式などの線形制御方式を用いることができる。すなわち、例えば昇温期間において前記2点の情報から求めた傾きに基づいて、時々刻々の温度(基準温度)を求めておき、この基準温度と熱流計9により検出した熱流束から推定されるウェーハ3の温度との誤差を求め、この温度誤差から供給電力量を求め、PWM信号SMのパルス幅Wをそれに応じたものとする。

以上のようにして、熱流計9によって被処理体であるウェーハ3を貫通する熱流束を検出し、この熱流束から温度を予測して制御することにより、

ベーキング処理において昇温期間及び降温期間を応答性良く正確に制御することが可能になり、同品種のウェーハではレジスト物性の揃ったものが得られる。また、昇温期間及び降温期間の熱履歴を制御することも可能になるので、レジスト物性を所望のものにすることができるといふ効果もある。

以上の例では、ウェーハ3は熱板1に直接的に載置したが、熱板1上に数個突出する球体状の物を少なくとも3点設けて、これによって半導体ウェーハ3を3点支持するようにすると、半導体ウェーハ3は熱板1に直接接触せず、熱板1にゴミが存在していても、そのゴミが半導体ウェーハ3の裏面に付着するのを防止することができる。この場合には、ウェーハ3と熱板1との間に空気が入るので、ウェーハ3に対する温度制御はその分だけ遅れることになるが、この発明においては、温度をモニターするのではなく、熱流束をモニターするので、ウェーハ3の温度を予測した加熱制御を良好に行なうことができ、制御の遅れを小さく

くすることができるという特長もある。

なお、熱流センサ8の取り付け位置は、被処理体に与えられる熱流束を検出できる位置であれば良く、例えば熱板1内に設けてもよい。

また、加熱手段は、熱板に発熱抵抗体を埋め込んだものに限らず、種々の発熱手段を用いたものが使用でき、例えば熱板に薄膜状の発熱体を被着したものをを用いるようにすることもできる。この場合、熱板の熱容量を小さくすべく、できる限り薄い熱板を使用すれば、上述の熱流束による温度制御の性能を、さらに発揮させることが可能となる。

また、被処理体は半導体ウェーハに限らず、例えばLCD基板、ガラス基板、プリント基板等にも適用できることは言うまでもない。

また、以上の例は、枚葉式の場合であるが、バッチ処理の場合にも適用できることはもちろんである。

さらに、上述の実施例ではレジスト塗布後のベーキングに適用したが、現像液塗布後のベーキ

ングや、イオン注入、CVD、エッチング、アッシングなどの処理前のベーキング、処理中のベーキングなどにも適用してもよい。

また、さらに、ベーキング装置に限らず、成膜装置、アッシング装置、その他の熱処理装置にも、この発明が適用できることは容易に理解できよう。
【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、熱流センサにより、被処理体を貫通する加熱手段からの熱流束を検知し、その熱流束に基づいて温度を予測して制御するものであるから、制御の遅れを小さくでき、昇温及び降温を迅速に行うことが可能になると共に、昇温及び降温履歴を制御することも可能になる。

また、外乱の存在する状態では、外乱の影響を温度変化として現象的に現れる前に熱流束の変化として検知することができるので、安定した温度制御を行なうことができる。

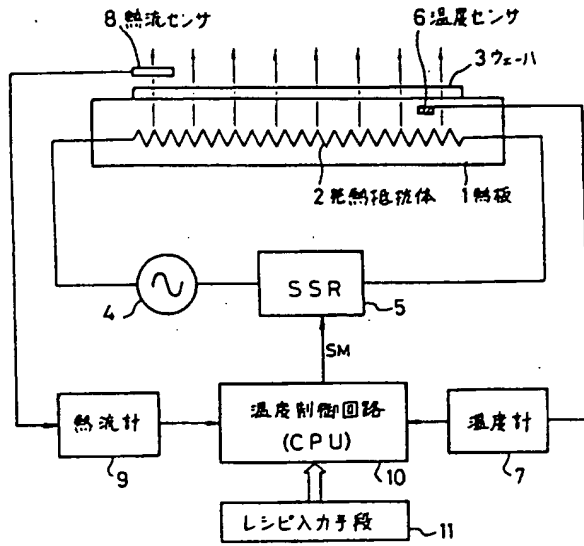
4. 図面の簡単な説明

第1図は、この発明による熱処理装置をベーキ

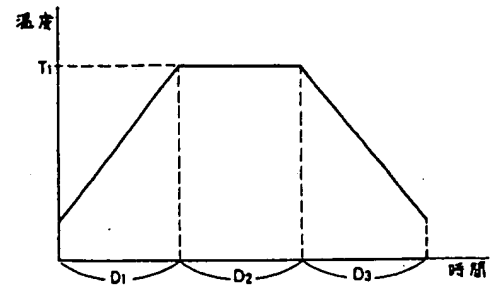
ング装置に適用した場合の一実施例を示す図、第2図は、ベーキング時の温度履歴の一例を示す図、第3図は、ベーキング工程における温度制御のためのレシピの一例を説明するための図である。

- 1 ; 熱板
- 2 ; 発熱抵抗体
- 3 ; 半導体ウェーハ
- 8 ; 熱流センサ
- 9 ; 熱流計
- 10 ; 温度制御回路

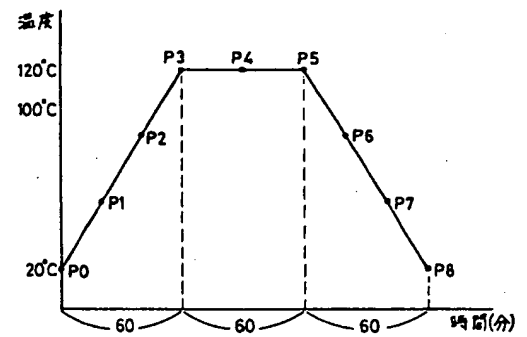
代理人 弁理士 佐藤正美



熱処理装置の一実施例
第 1 図



ベーキングパターンの例
第 2 図



レシピの例
第 3 図